

〈特輯〉 洪水豫警報의 오늘과 來日

人工衛星에 의한 降雨量豫報와 颶風으로 인한 洪水豫報

金 光 植*

지금 世界 선진 各國에서는 氣象人工衛星의 영상을 분석하여 돌발홍수(Flach-Flood)를 이끄는 강우량을 豫測하고 계산하는 方法을 개발하여 보다 定量的인 洪水豫報를 수행하기 위한 연구에 많은 노력을 기울이고 있다. 현재 우리나라에서도 정지기상인공위성(GMS-1)을 보유하고 있으며, 이 자료를 분석함으로써 홍수에 보에 크게 기여할 수 있을 것이다. 그러나 이 분석과 정은 고도의 기술과 정밀한 分析을 통하여 이루어지는 것이기 때문에 아직 실제 적용단계에는 이르지 못하고 있다. 여기에서는 기상위성 자료를 강수량예보에 실제 적용될 수 있는 두가지 방법을 기술하고자 한다.

1. 기상인공위성에 의한 강우량 예보

集中豪雨로 인한 洪水는 잘 발달된 대류운(Convective Cloud)에서 온다. 이 대류운의 발달상태는 기상인공위성의 원격탐사(remote sensing)를 통하여 알수 있으며 이 발달상태에 따라 강우량을 예측할 수 있다.

Scofield(1978년), Oliver(1977년) 등이 이 분야에 많은 성과를 얻는데 공헌하였으며, 그들은 네가지 경우의 돌발홍수를 이끄는 폭풍우를 분석함으로써 Scofield/Oliver방법을 제시하였고, 이들이 각각 어떤 보편성이 있는가를 밝혔다.

강우량을 예측하는 分析方法은 영상에 나타난 적운계(convective system)의 구조를 분석함으로써 산출되는데 다음 네가지 단계를 거쳐 수행된다.

(1) 활성화지역 {0.05 inches(1.25mm)/half hour}과 비활성지역(이 보다 강우량이 적거나 없는 지역)이 0.05inch/half hour의 등치선으로 나누어진다.

(2) 가장 강한 비를 동반한 구름과 이 구름에 포함된 강우량을 계산한다. 강한 비를 갖는 영상은 대단히 한평한 정상부, 급격히 확장되는 모루운, 뇌운 세포들이 합류되는 곳, 급격히 상층으로 자라나는 정상부 및 적운계로 나타나는 선들이 합쳐지는 곳에서 나타난다. 이곳에서의 등강수량값들은 NOAA/NESS방법(NOAA/NESS Technical Memorandum 86 참조)에 의해서

얻어진다. 이 강수량값이 얻어지면 다음 지침에 따라 등치선을 그린다. (그림 1 참조)

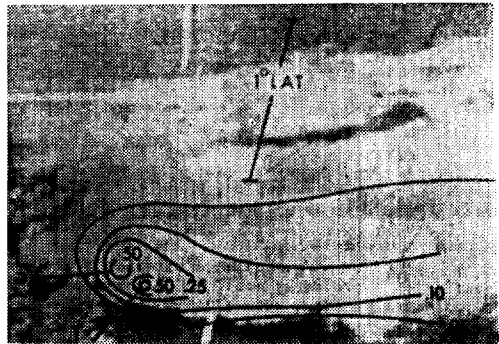


Figure 1. Estimated isohyetal analysis between 2245-2315 GMT superimposed on the 1-km visible picture, 2300 GMT, June 13, 1976.

(a) 뇌운의 모루운이 확장되고 기온이 찬 0.25inches/half hour의 등강수량선은 10mile 또는 그 이하의 폭으로 집중되어 묘화된다. 즉, 눈으로 보아서 확실하게 분리되어 있는 것을 볼수 있는 영상은 가장 심한 강우량을 갖는 영역으로 판별할 수 있다.

(b) 상부로 계속 높아지는 정상부를 가진 구역의 등강수량선들은 대략 5mile 또는 그 이하의 직경으로 묘화된다.

(c) 뇌운계의 구름이 합류되는 구역의 등강수량선은 단세포 뇌운에 대한 것보다 큰 영역을 갖는다.

(d) 등강수량선들은 뇌운의 30분 이동거리를 감안하여 묘화되어야 한다.

(3) 0.05inch의 등강수량선을 기준으로 0.05inch간격의 등강수량선을 묘화하고 가장 강한 강우량을 동반한 등강수량선을 그린다. 위에서 언급한것과 같이 폭우는 일반적으로 10mile이내의 폭을 가진 구역들로 분산되어 있다.

(4) 위에서 산출된 위성자료값과 실제 구름의 위치를 적합하게 조정하여 계산값을 산출한다(NOAA의 방법 참조)

* 中央觀象臺

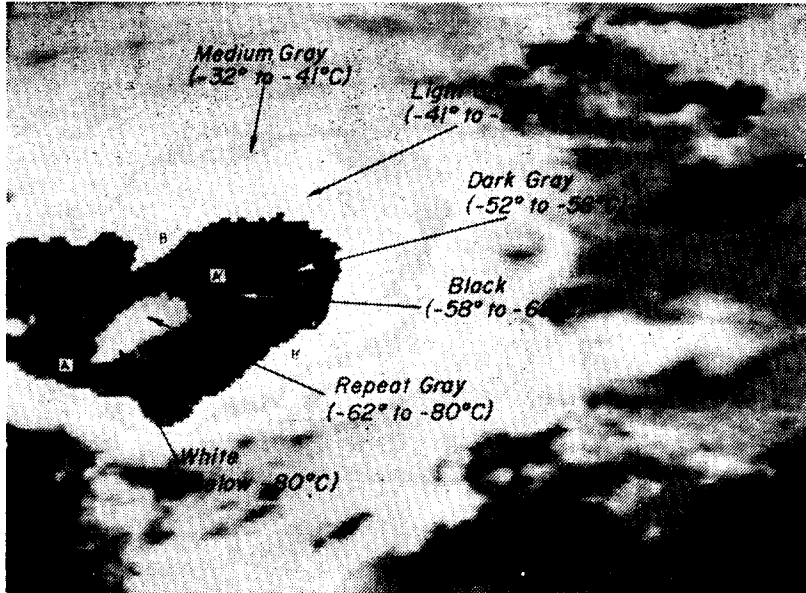


Figure 2. Enlarged area from 2-km equivalent IR produced using digital enhancement (Mb curve), 0100 GMT, 14 June 1976.

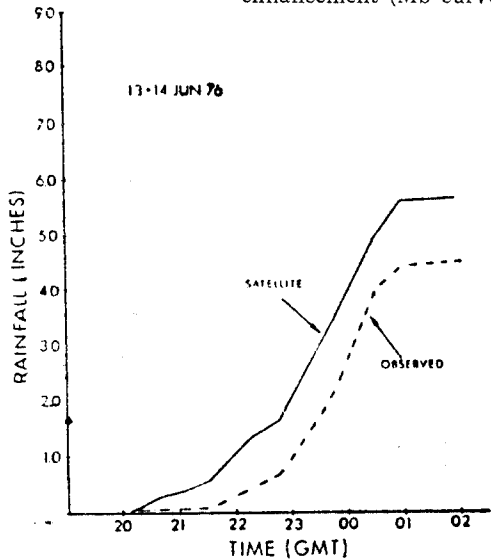


Figure 3. Cumulative average observed and satellite-derived rainfall in inches within the 5x5-nm area, 2000-0200 GMT, June 13-14, 1976.

이 강우량 예보법은 Mb곡선(digital enhancement curve)에 의해서 발전된 IR (Infrared)영상을 이용함으로써 적운계의 강우량을 분석한다. Mb곡선에 나타낸 뇌운계의 예가 그림 2에 보여진다. 그림은 Mb곡선의 각각의 경계선에 따른 온도분포인데 가장 따뜻한 기온을 나타내는 medium gray(-32°C to -41°C)로부터 가장 찬 기온을 나타내는 white (-80°C이하)까지 보

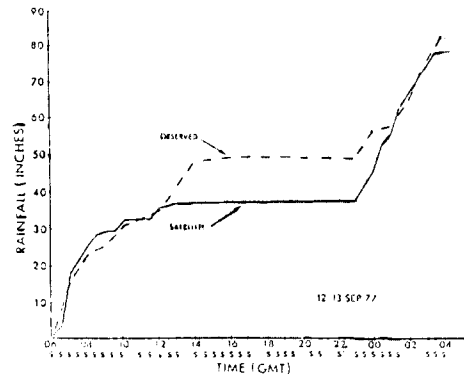


Figure 4. Cumulative observed and satellite-derived rainfall in inches at Kansas City International Airport (MCI), 0600 GMT, September 12, 1977, 0400 GMT, September 13, 1977: indicates IR imagery available.

여준다. 적운계내의 활성적이며 상승기류가 있는 부분은 A와 A'지역이며, 비활성적이며 하강기류가 있는 부분은 B와 B'지역이다. 이 폭풍우의 상승기류 부분은 IR기온경도가 크며 한냉하고 하강기류 부분은 IR기온경도가 작고 온난하다.

이 방법에 의해서 산출된 계산값과 실제 지상에서 관측된 값을 비교한 결과 그림 3 및 4와 같다.

그림 3과 4에서 나타난 바와 같이 Canyon에서는 위성계산값이 실제 관측값보다 약간 높게 나타났으나 Kansas City에서는 이와 반대이다.

이상에서 기술한 것을 종합해 보면 돌발홍수를 이르

키는 적운계 구름의 인공위성 자료를 이용한 강수량산출은 거의 실측값과 일치하는 결과를 보여주고 있으며 종래의 주관적 요소가 많이 포함된 방법과 비교해 볼 때 객관성이 있으며 定量的인 예보를 할 수 있다. 그러나 아직 이 방법은 실용적인 단계에 이르지 못하였고 많은 실험을 거쳐 완성되어야 할 것이다. 또한 여기에는 지리적인 요소가 포함되어야 하기 때문에 약간의 시일을 필요로 한다. 현재 우리나라에서도 이에 대한 계획을 추진하고 있으며 빠른 시일내에 이 방법이 실제 적용단계에 이르리라고 본다.

2. 태풍으로 인한 홍수예보 및 경보

해마다 우리나라 부근을 통과하는 태풍은 평균 3~4

회 정도이나 직접적인 영향(태풍중심이 우리나라에 상륙하는 경우)으로 피해를 받는 경우는 2년에 1회 정도이다. 특히 태풍의 진행경로상에 위치한 제주도지방은 해마다 많은 피해를 입고 있다.

그러므로 태풍 및 열대성저기압의 조기경보 및 강우량예보는 대단히 중요시되고 있다. 태풍은 보통 중심기압과 중심최대풍속에 따라 초대형(초A급), 대형(A급), 중형(B급), 소형(C급)의 4계급으로 나누어지며 이에 따라 태풍주의보 및 경보가 발표된다.

다음은 태풍이 통과하는 동안 홍수를 이끄는 주요인이 되는 강우량을 기상위성사진을 통하여 빠르게 계산하는 방법을 제시한 것이다. 이 분류법은 미국 NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administrati-

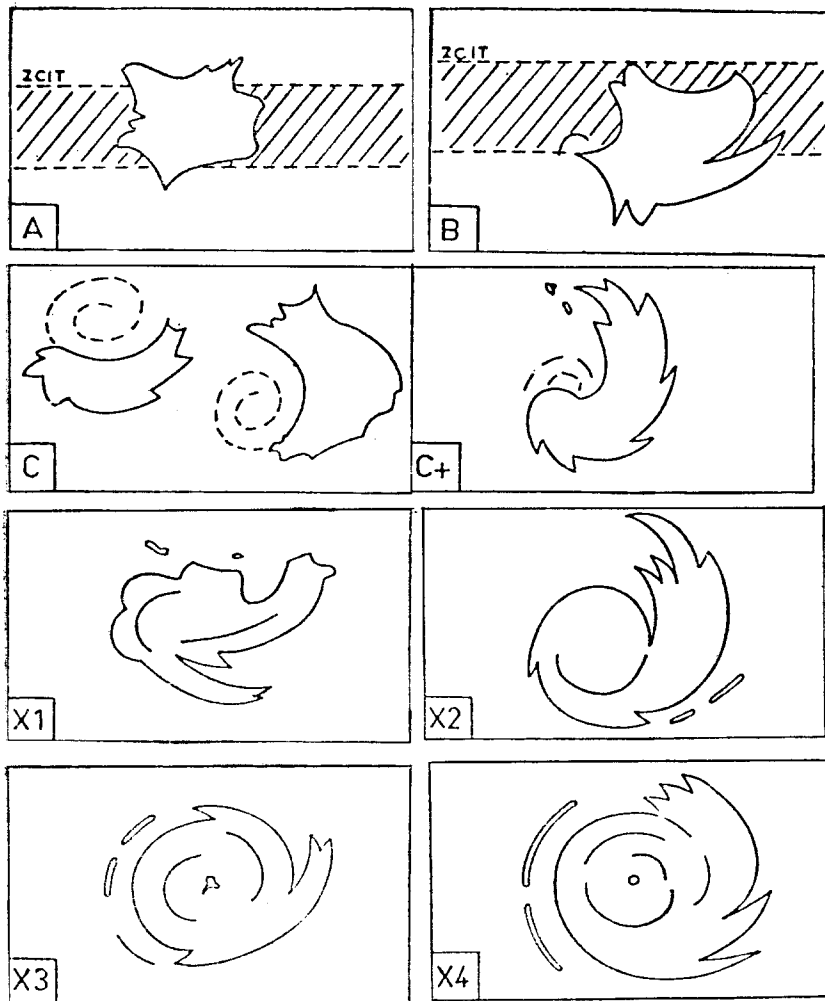


Table 1. Diagrams of the principal phases of tropical disturbances observed on satellite pictures (adapted from "Tropical Storm Classification System" by Vincent J. Oliver, NESO document, June 1968).

on)에 의해서 개발되어 세계적으로 많이 利用되고 있는 것으로서 위성사진에 나타난 구름분포가 같은 모양을 가지고 있는 것은 같은 특성을 갖는데에 착안하여 강도별로 분류한 것이다. Table 1은 각기 다른 모양을 갖는 부류도표인데 여기에 사용된 기본 매개변수들은 구름의 퇴침상태, 나선형帶(spiral bands)의 원형구조, 그리고 나선형의 중심위치가 구름내에 위치하는가 또는 구름밖에 위치하는가에 따라 결정된다. 각각의 계급별 특징은 대략 다음과 같다.

A로부터 C+까지는 보통 생성단계로서 강우량의 포텐셜(potential)은 그리 크지않으나 X1부터 X4까지는 성숙한 태풍의 모양이 나타나며 많은 강우량을 포함하고 있다. 그러나 같은 태풍이라 할지라도 구역별로 각기 다른 강우량을 나타내는데 이것을 구역별로 도시한 것이 그림 5이다.

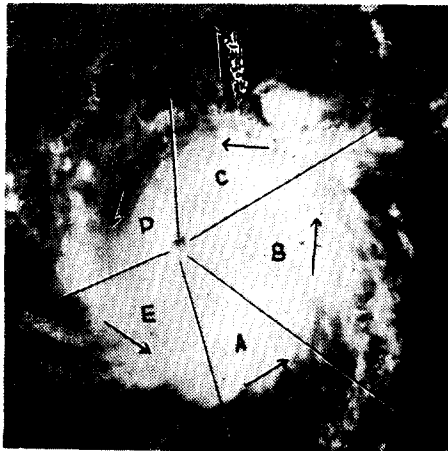


Figure 5. Precipitation zones within the cloud mass of the cyclone

그림에서 A구역은 moderate to heavy rainfall지

역이며, B구역은 heavy rainfall지역, C구역과, D구역은 Very heavy to intense rainfall지역, E구역은 low to moderate rainfall지역을 각각 나타낸다.

그러므로 우리나라에 접근하는 태풍에 의한 강우량 예보는 태풍의 발달상태뿐만 아니라 크기와 강도, 이동속도, 태풍의 중심으로부터의 거리 및 어느 구역의 영향을 받을 것인가를 잘 관별하여 지방별로 강수량이 계산되어야 한다.

요컨대 이 방법들을 효과적으로 적용하기 위하여서는 우리나라를 통과하는 태풍 및 집중호우를 동반하는 적운계의 구름을 각 상대별로 세밀하게 분석하는 한편 실제 관측치와 비교 검토하여 최상의 상관관계를 도출해내야 한다. 앞으로 우리의 과제는 얼마나 이에 대한 연구가 진행되는가에 따라 홍수예보의 중요한 인자인 강수량 예상을 정량적으로 지원할 수 있을 것인가 하는 문제이다.

참 고 문 헌

1. Scofield, R.A., 1978: Using Sattlite Imagery to detect and estimate Rainfall from Flash-Flood Producing Thunderstorms. AMS, Boston, MA.
2. Trendel, R., 1976: Forecasting of Floods resulting from Tropical Cyclones Rainfall. Report of the working group on Hydr. Forecasting of the Commission, Geneva.
3. WMO, 1975: Hydrological Forecasting Practice. WMO-No. 425, Geneva.
4. WMO, 1980: Meteorological Data on Tropical Cyclone needed for Hydrological Forsting. CHY working group on hydr. forecasting, Geneva.